



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

**SUBSECRETARIA DE PLANEACIÓN, INFORMACIÓN Y PROTECCIÓN CIVIL
COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES**

**Volcán Citlaltépetl
2018**

Subdirección de Riesgos Volcánicos
Dirección de Investigación

Contenido

- Introducción
- Historia eruptiva
- Peligros Volcánicos Asociados
- Análisis de la sismicidad



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Introducción

El volcán Citlaltépetl es un estratovolcán andesítico-riolítico su cima sirve como punto limítrofe entre los estados de Veracruz y Puebla en las coordenadas 19°01'N, 97°16'W con una altura de 5,690 m.s.n.m. (Figura 1). Forma parte de la Faja Volcánica Transmexicana en la porción oriental. El Citlaltépetl que significa “Montaña de la Estrella” en lengua náhuatl, es la cima más alta del país y de Norteamérica.

Existen reportes de actividad histórica del Pico de Orizaba; la última actividad importante ocurrió en el año de 1687 (Mooser, et al., 1958), aunque hay reportes de erupciones menores en tiempos más recientes (De-la Cruz y Carrasco-Núñez, 2002). Existen escasas señales de actividad moderna como exhalaciones débiles de SO₂ y depósitos de azufre en las paredes del cráter (Waitz, 1910-1911), por lo que se considera como un volcán activo en estado de quietud.

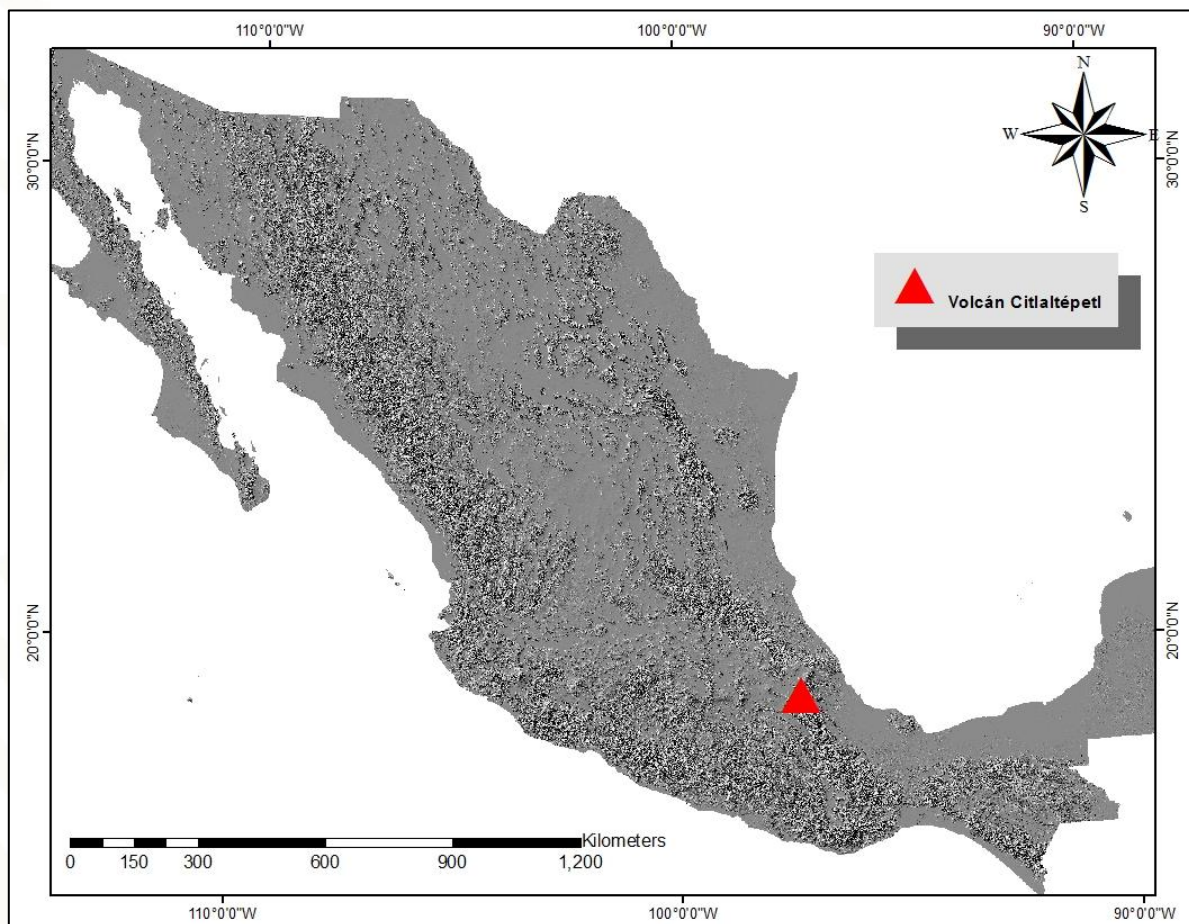


Figura 1 Localización del volcán Citlaltépetl



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Figura 2 Volcán Citlaltépetl vista desde el volcán Cofre de Perote.

Historia Eruptiva

La historia eruptiva del volcán Pico de Orizaba ha sido dividida en cuatro etapas, que incluyen la construcción de tres edificios volcánicos superpuestos con sus respectivos colapsos y el emplazamiento de domos periféricos (Carrasco-Núñez, 1993, 2000; Carrasco-Núñez y Ban, 1994). El cono actual y activo se construyó principalmente en el Holoceno, desde hace 16,000 años hasta el presente, sobre los remanentes de dos edificios volcánicos antiguos: el Torrecillas (650,000-290,000 años antes del Presente (a.P.)) y el Espolón de Oro (210,000-16,000 años a.P.) (Schaff y Carrasco-Núñez, 2010).

La primera etapa de construcción inició hace aproximadamente 650,000 años (Carrasco-Núñez, 2000) y dio lugar a la construcción del volcán Torrecillas. Esta etapa representa la mayor y más grande de las fases en la evolución del volcán, consistente en la extrusión de aproximadamente 270 km³ de materiales magmáticos, emplazados sobre roca caliza y esquistos (De la Cruz-Reyna y Carrasco-Núñez, 2002). Los primeros productos magmáticos fueron de composición andesítica, seguidos por brechas y andesitas porfídicas con



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

anfíboles y escasos piroxenos, fechadas en 290,000 mil años (Carrasco-Núñez 2000).

Entre los 290,000 y 210,000 años A.P. se produjo el colapso de la porción norte del edificio Torrecillas, generando un depósito de avalancha que se extendió más de 75 km hacia la región oriental del volcán (Carrasco-Núñez y Gómez Tuena, 1997). Este evento marca el final de la primera etapa de construcción.

Entre la primera y segunda etapa de formación, o más probablemente durante la segunda etapa, se formó el volcán Sierra Negra en el flanco SW del edificio principal. Este volcán emitió lavas de composición basalto-andesítica a andesítica, así como numerosos flujos piroclásticos. La actividad del volcán Sierra Negra fue predominantemente central, aunque algunas lavas fueron emitidas a través de fisuras situadas al sur del volcán (De la Cruz-Reyna y Carrasco-Núñez, 2002).

La segunda etapa consistió en la construcción del volcán Espolón de Oro sobre los restos del volcán Torrecillas. En esta etapa se emitieron lavas andesíticas y dacíticas, que formaron el nuevo edificio volcánico (De la Cruz-Reyna y Carrasco-Núñez, 2002) (Figura 3). La secuencia estratigráfica del Espolón de Oro incluye, además, horizontes alternados de depósitos soldados de flujos de ceniza, brechas y derrames de lava andesíticos. Algunos de estos derrames fueron extruidos a partir de fisuras laterales localizadas en los flancos sur y oeste, entre los 150,000 y 90,000 años a.P., formando la cumbre del Espolón de Oro. Por otra parte, durante esta fase se formaron varios domos riolíticos y dacíticos, produciendo importantes depósitos de flujos piroclásticos (De la Cruz-Reyna y Carrasco-Núñez, 2002). El más antiguo de ellos es un domo de obsidiana, con unos pocos cristales de biotita de textura esferulítica, que fue emplazado entre 210,000 y 150,000 años a.P. (Carrasco-Núñez, 2000).

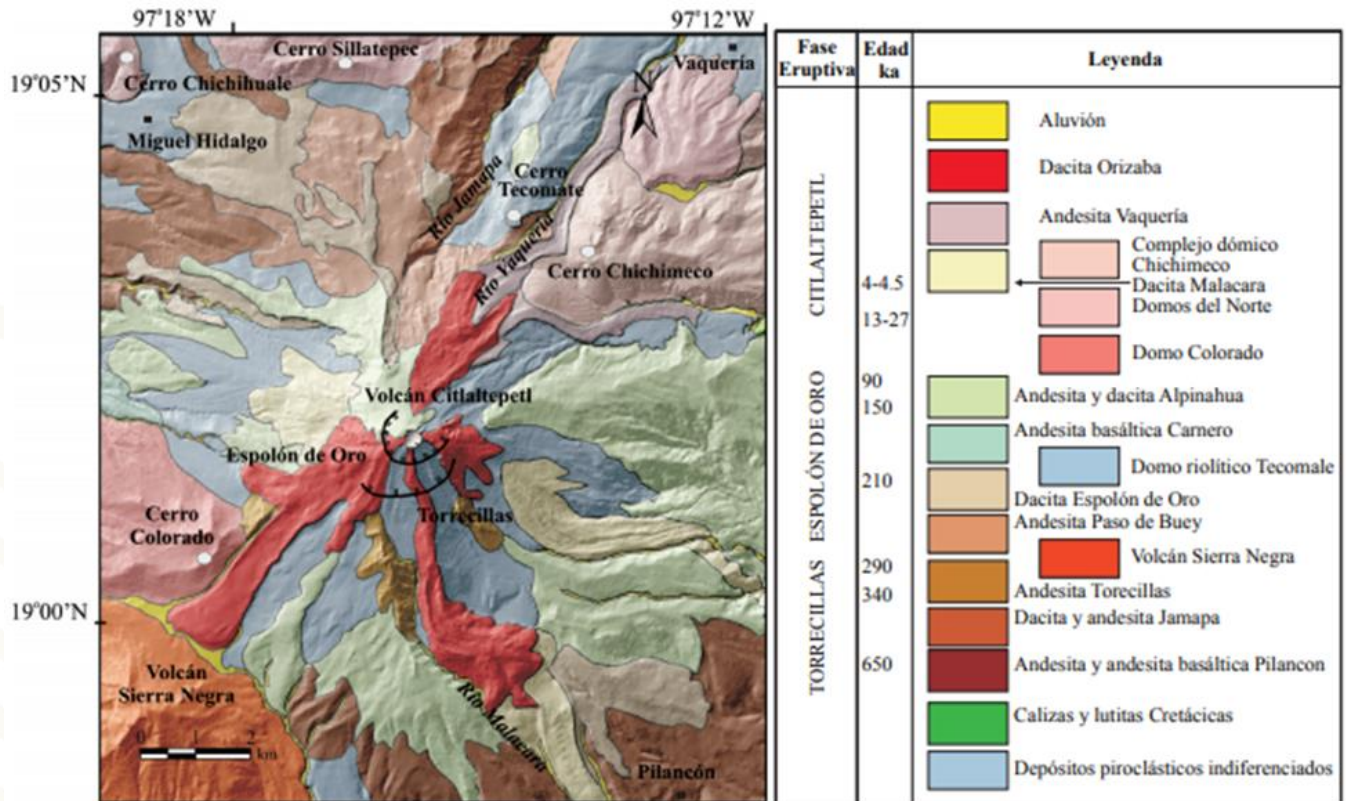


Figura 3 Mapa geológico simplificado del volcán Pico de Orizaba, donde se muestran las cuatro fases evolutivas del volcán (Carrasco-Núñez, 2000 en Macías, 2007)

Alrededor de los 16,500 años a.P. se produjo el colapso del Espolón de Oro, que marcó el fin de la segunda etapa de construcción. Este evento dio origen a una voluminosa avalancha, que se transformó en lahar, y viajó más de 85 km hacia el golfo de México, alcanzando la línea de costa (Carrasco-Núñez et al, 1993; 2006; De la Cruz-Reyna y Carrasco-Núñez, 2002) (Figura 3).

La tercera etapa de construcción del Pico de Orizaba incluyó el emplazamiento de varios domos alrededor del cráter central, de composición andesítica a riolítica. Otros domos exteriores son Cerro Colorado, Cerro Chichihualte y Cerro Chichimeco. Este último es considerado el más reciente (< 8,500 años a.P.)

Durante la cuarta etapa de construcción, a partir de los 16,000 años a.P., se formó el cono actualmente activo, a partir de la superposición de depósitos de derrames en bloques de lava andesítica y dacítica. El evento explosivo de mayor importancia durante esta etapa constructiva dio lugar a la Ignimbrita Citlaltépetl, cuyo emplazamiento tuvo lugar alrededor de los 8,500 años a.P.



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Durante los últimos 4,000 años, el volcán produjo principalmente lavas dacíticas con sólo unos pocos eventos explosivos moderados (Schaff, Carrasco-Núñez, 2010) (Figura 3).

Carrasco-Núñez y Rose (1995) concluyeron que el miembro inferior de la Ignimbrita Citlaltépetl está formado por cuatro unidades de flujos piroclásticos ($8,795 \pm 57$ años a.P.), un lahar, y un paleosuelo poco desarrollado. El miembro superior se compone de un depósito de caída en la base y un depósito de flujo piroclástico ($8,573 \pm 79$ años a.P.). Los flujos piroclásticos producidos durante estos eventos tienen un volumen de 0.26 km^3 y fueron dispersados alrededor del cráter hasta una distancia de 30 km. (Figura 3).

El Citlaltépetl o Pico de Orizaba ha presentado erupciones históricas importantes, especialmente de 1533 a 1539, reportándose emisiones de ceniza. En 1545 y 1566 se presentaron emisiones de lava y ceniza. En los años 1569, 1589, 1687 y 1847 se registraron diversas emisiones de ceniza. La última actividad importante documentada fue entre 1864 y 1867 en la cual se presentaron emisión de cenizas y fumarolas visibles (De la Cruz-Reyna, 2008).

La actividad geomorfológica más reciente está relacionada con la removilización de materiales volcánicos en forma de flujos de escombros, en varias de las quebradas que surcan el cono volcánico. En 1920 y como consecuencia de un sismo de magnitud 6.7, se generó un flujo de escombros de $44 \times 10^6 \text{ m}^3$. El 5 de junio de 2003, después de varios días de lluvias, se generó un flujo de lodo de dimensiones moderadas, el cual siguió el cauce del río Chiquito, al sur del volcán, afectando en su recorrido algunas instalaciones de PEMEX y provocando daños en viviendas de las ciudades de Nogales y Ciudad Mendoza que se encontraban cerca del cauce del río.

Peligros Volcánicos Asociados

Los registros de la actividad histórica del Citlaltépetl son indicios claros de que se trata de un volcán activo y potencialmente de alto riesgo, debido a que más de 750,000 personas viven en un radio de 40 km desde el cráter. Al igual que en muchos otros casos, el crecimiento de la población en torno al volcán es resultado de la fertilidad de los suelos y una tasa de erupciones históricas relativamente bajas (De la Cruz-Reyna y Carrasco-Núñez, 2002).

Estudios previos han puesto de manifiesto la existencia de una amplia variedad de depósitos piroclásticos circundantes al Pico de Orizaba, producto de su historial de erupciones. Estos depósitos incluyen productos de los grandes eventos de colapso que reconfiguraron el paisaje entero, así como los depósitos de al menos una erupción pliniana con caída de pómez, flujos piroclásticos y avalanchas de escombros (Siebe, et al., 1993) (Figura 3).



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

El registro eruptivo del volcán Citlaltépetl revela una intensa actividad efusiva y explosiva durante los siglos XVI y XVII (Mooser et al., 1958; Waitz, 1910) y actividad fumarólica sobre todo en los últimos 300 años (Crausaz, 1994). Aunque hay una gran cantidad de rocas efusivas en el registro reciente del Citlaltépetl, numerosos depósitos piroclásticos tuvieron origen durante el Pleistoceno tardío y el Holoceno (Carrasco-Núñez y Rose, 1995).

Si el volcán entrara en una fase eruptiva similar a la de hace 9,000 años (Ignimbrita Citlaltépetl), un área de 2,500 km² podría ser devastada, incluyendo numerosos asentamientos y cultivos agrícolas. Debido a la topografía asimétrica en la que creció el Citlaltépetl, las pendientes del flanco oriental son mucho mayores, por lo que los flujos hacia el este se canalizan a través de valles bien definidos; en contraste con el sector occidental, cuya topografía es de valles abiertos (Carrasco-Núñez y Rose, 1995). Además, el riesgo volcánico se incrementa hacia el este, ya que importantes asentamientos (Ciudad Mendoza, Nogales y Orizaba) se encuentran en la trayectoria directa de posibles flujos de cualquier tipo. Estas ciudades están asentadas sobre depósitos volcanoclásticos que incluyen la Ignimbrita Citlaltépetl (Carrasco-Núñez y Rose, 1995).

Los lahares podrían ser producidos tanto por fusión del hielo de la cumbre por el paso o depósito de material piroclástico, o provocados por lluvias extraordinarias. Se canalizarían principalmente a través de los ríos Jamapa, Coapa y Tliapa. Un flujo de dimensiones un poco mayores que el de 1920 sería capaz de poner en riesgo a la población de Coscomatepec, e incluso hasta a la ciudad de Orizaba, si circulara por los sistemas de drenaje Metlac-Orizaba y/o Carbonera-Río Blanco. La altura de la ola de escombros podría alcanzar los 16 m (Carrasco-Núñez y Rose, 1995).



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

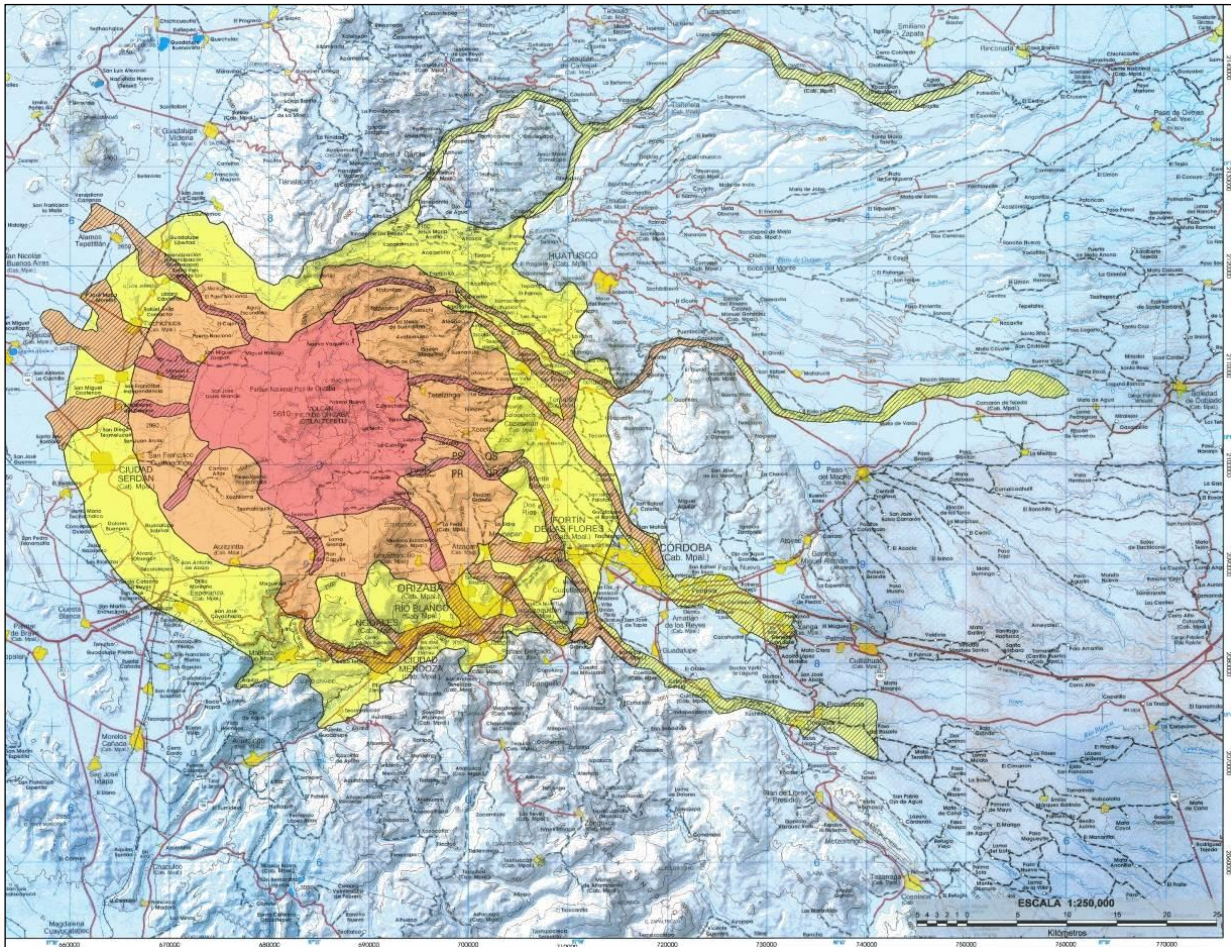


Figura 4 Mapa de peligros del Pico de Orizaba (Sheridan et al., 2002)

Análisis de la Sismicidad

En 2003 el CENAPRED, en colaboración con la Universidad Veracruzana, instalaron tres estaciones sísmicas de periodo corto. Las estaciones sísmicas son Halcón (POH), localizada en el flanco norte a 4,150 msnm, en las coordenadas 19.0696°N y 97.2806°W; Chipec (POC), localizada en el flanco suroeste a 4,437 msnm, en las coordenadas 19.0097°N y 97.2805°W; y Casa Manuel o Halcón II (POM) en el flanco noreste a una altitud de 4,560 msnm, en las coordenadas 19.0464°N y 97.2275°W. Las estaciones constan de sismómetros de periodo corto, equipo de telemetría y celdas solares con baterías en flotación.

Actualmente el CENAPRED solamente recibe los datos sísmicos de la estación POH, la cual cuenta con un sismómetro de Periodo Corto Marca Mark L4, componente vertical, su transmisión es analógica por subportadora modulada hacia el CCTUV en Jalapa Veracruz., retransmitida vía Earthworm CCTUV a EarthWorm CENAPRED.



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Para fines de este informe, se realizó el análisis de la sismicidad asociada a este volcán con base en los datos sísmicos registrados por la estación POHV (Figuras 5 y 6); el periodo de análisis fue del 7 de octubre al 31 de diciembre de 2018.

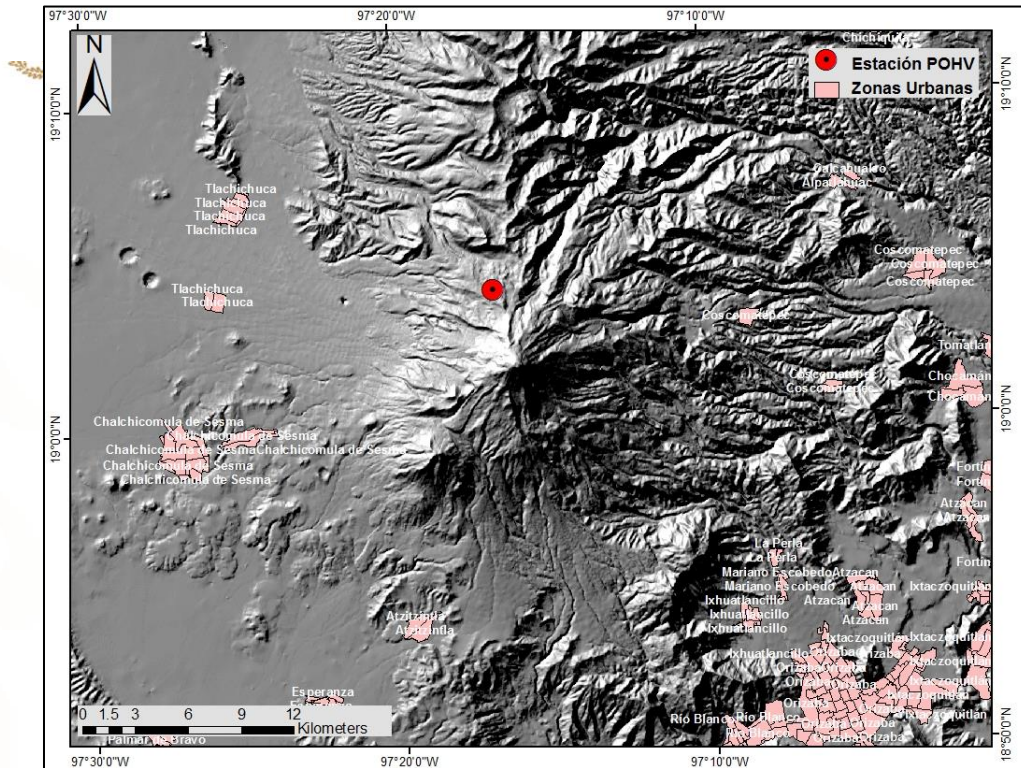


Figura 5 Localización de la única estación sísmica funcional en el volcán Citlaltépetl



Figura 6 El Centro de Ciencias de la Tierra (CCT) de la Universidad Veracruzana posee equipo de telemetría en la cara norte del Citlaltépetl, donde opera la caseta Pico de Orizaba Halcón Vertical (POHV). (Foto: Luis Fernando Fernández)



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

De acuerdo a nuestros resultados, la actividad sísmica de este volcán está dominada principalmente por eventos volcanotectónicos (VT), eventos volcanotectónicos distales (VTD) y escasos eventos de largo periodo o tipo LP (por sus siglas en inglés).

En total, durante este periodo se registraron cuatro eventos VT (Figura 7). Estas señales se caracterizaron por ser de duración variable (30-60 s). En la mayoría de los casos presentaron un comienzo impulsivo (llegada de la onda P) además, la fase S fue fácilmente identificable. En la Figura 8 se presenta un ejemplo de VT, registrado el 08 de diciembre de 2018 a las 04:57:59 hora UTC.

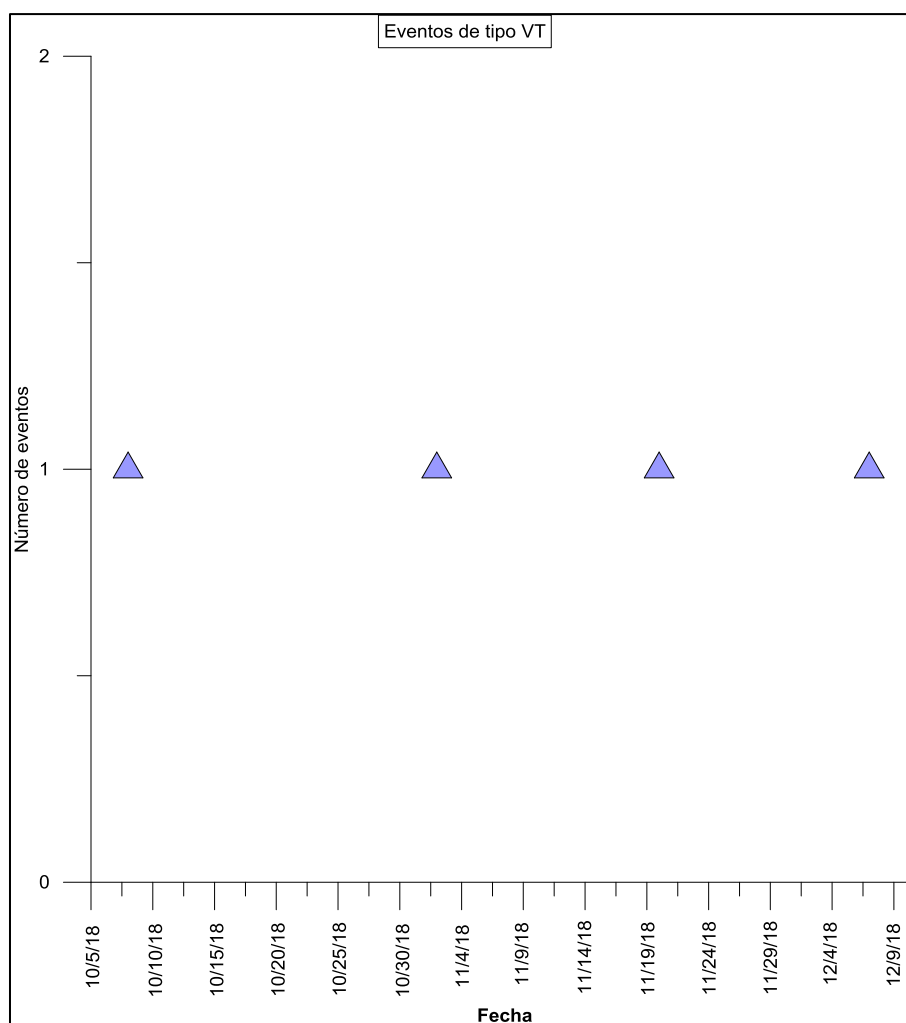


Figura 7 Eventos volcanotectónicos (VT) asociados al volcán Citlaltépetl.



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

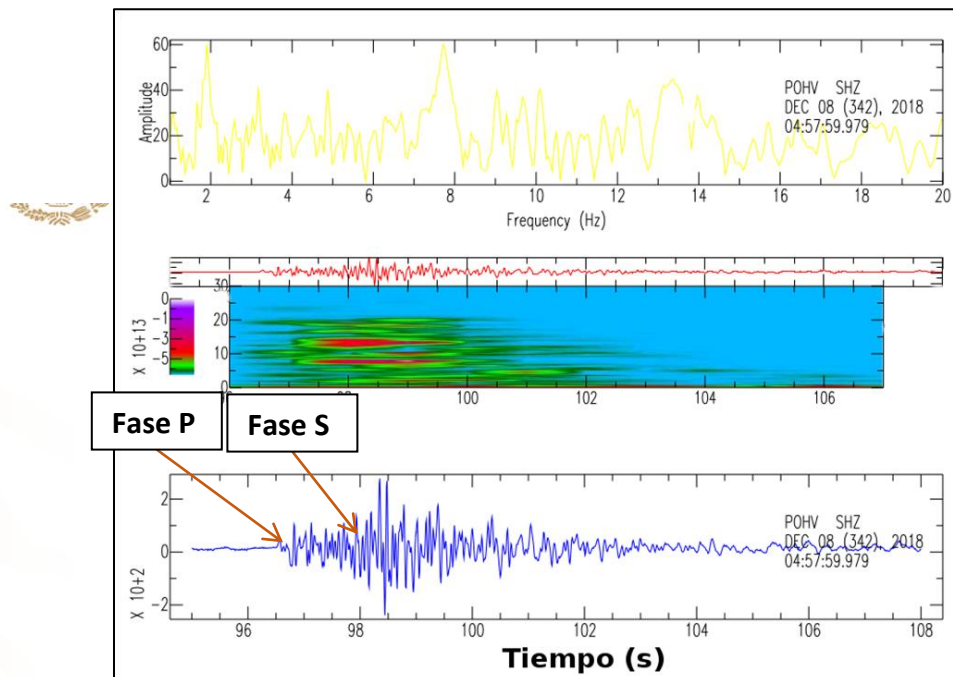


Figura 8 Evento VT, registrado el 08 de diciembre de 2018 a las 04:57:59 hora UTC. Estación POHV. En la imagen se muestran las fases P y S

Otro tipo de eventos que se identificaron en este periodo fueron los VT distales, que a diferencia de los VT, se presentan a distancias mayores a 15 km, lo que se ve reflejado en una diferencia entre las Fases P y S mayor a 3 s ($S-P > 3$ s). Es importante mencionar que debido a que solo contamos con la información de la componente vertical, es imposible determinar la localización precisa del epicentro de estos eventos, por lo que el único elemento para clasificarlos es la diferencia entre las fases P y S. En total se identificaron cinco señales de este tipo (figuras 9 y 10).

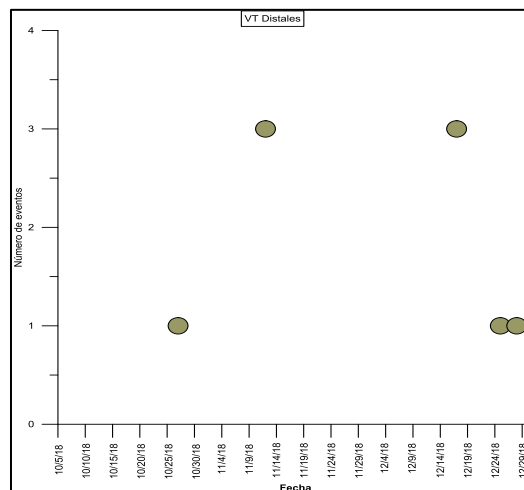


Figura 9 Eventos volcanotectónicos distales (VTD) asociados al volcán Citlaltépetl



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

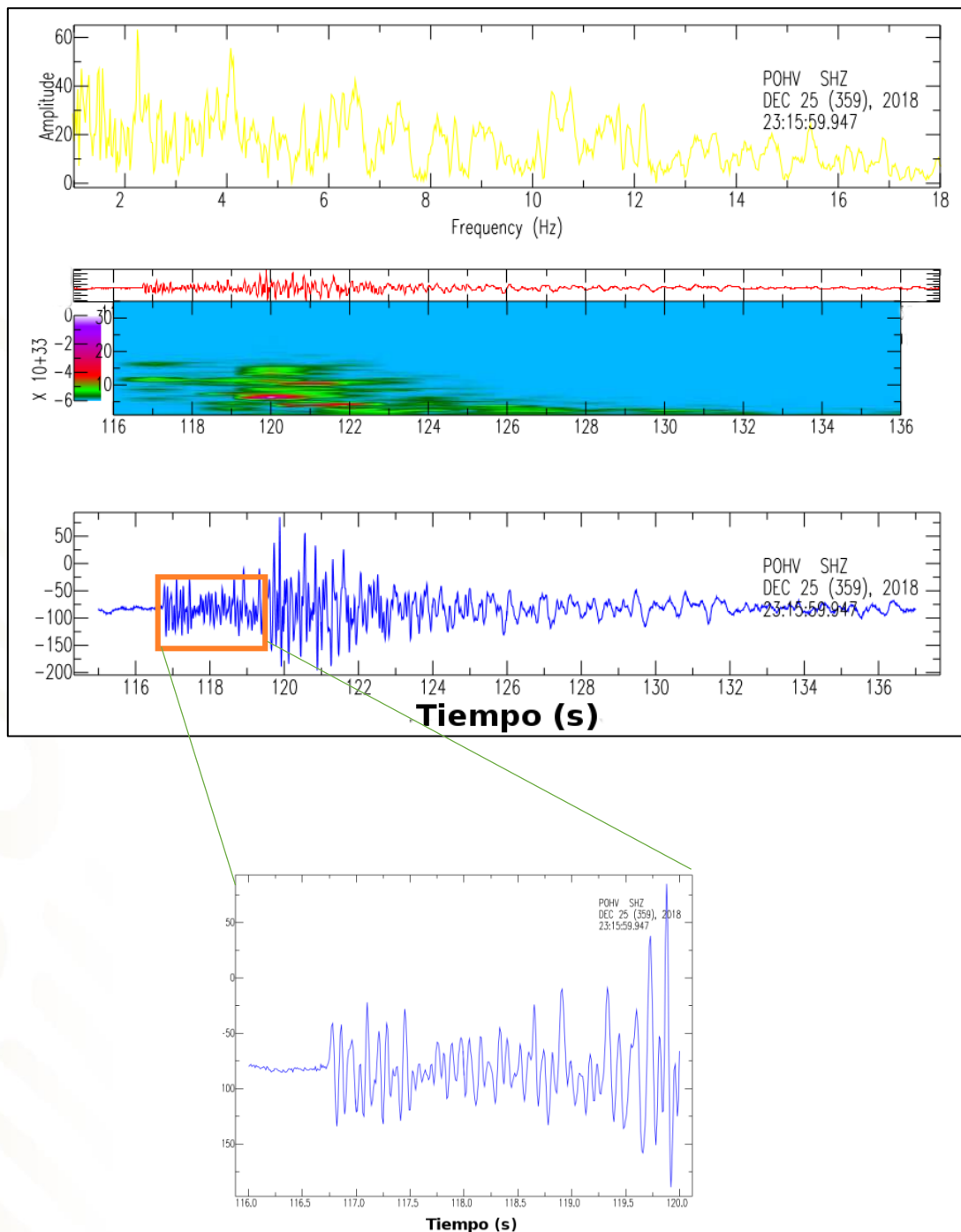


Figura 10 Evento volcánotectónico distal (VTD) el recuadro muestra la diferencia en tiempo entre las fases P y S mayor a 3 s. El evento fue registrado el 25 de diciembre de 2018 a las 23:15:59 hora UTC. Estación POHV



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Finalmente, durante este periodo se observó un solo evento de tipo LP, registrado el 30 de octubre a las 12:56:30 hora UTC. Las características de este tipo de señales es que presentan duraciones entre 10 y 40 s además de un contenido espectral entre los $0.5 < f < 5$ Hz. La Figura 11 muestra dicho evento.

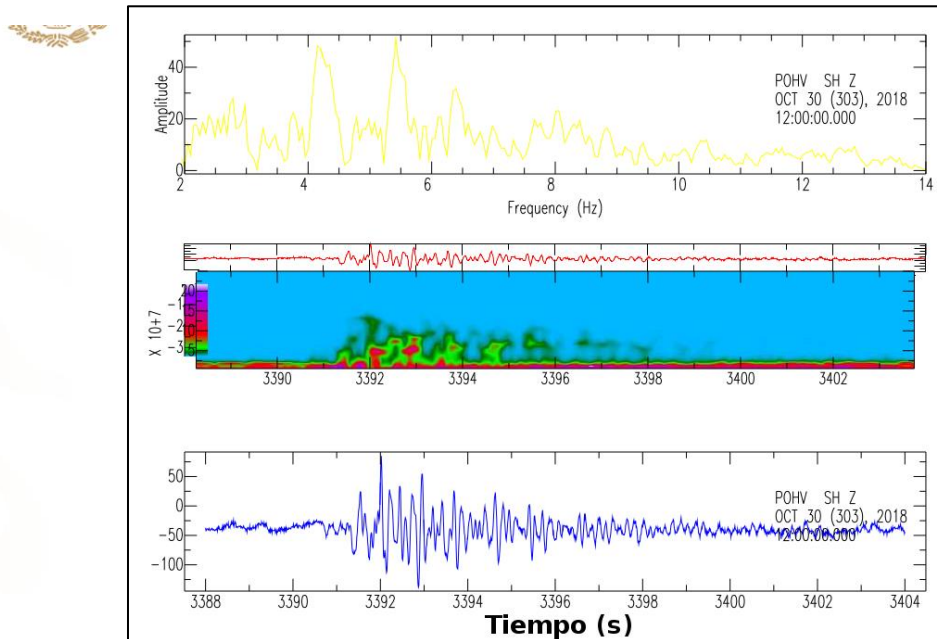


Figura 11 Evento de largo período (LP) registrado el 30 de octubre a las 12:56:30 hora UTC.
Estación POHV

Diagnóstico

De acuerdo a nuestro análisis, se observó que la actividad sísmica asociada al volcán está caracterizada principalmente por eventos de tipo VT y VT Distales, este tipo de sismicidad generalmente es el primer precursor sísmico reportado para erupciones en volcanes que han permanecido en reposo durante décadas o más (White y McCausland, 2015). La sismicidad VT precede a las erupciones explosivas de $VEI \geq 5$ y la mayoría de erupciones con Índice de Explosividad Volcánica (IEV). En algunos casos se ha encontrado que la sismicidad VT se origina en estructuras distales que corresponden a fallas tectónicas localizadas a uno o dos decenas de kilómetros lateralmente desde el lugar de la eventual erupción (White y McCausland, 2015). Por esta razón es conveniente aprovechar la calma en el volcán para dar mantenimiento a los sistemas de monitoreo y reforzar la vigilancia, a fin de contar con un diagnóstico oportuno, lo más preciso posible, en caso de que se presente un nuevo episodio eruptivo en el volcán.



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Bibliografía

- White, R., McCausland W. Volcano-Tectonic Earthquakes: a new tool for estimating intrusive volumes and forecasting eruptions. Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol. 309. Año 2015.

Notas

El contenido de este informe se elaboró con datos proporcionados por los sistemas de monitoreo del CENAPRED e información proporcionada por el Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana.

Elaboraron: Elizabeth Castañeda Bastida, Ramón Espinasa Pereña, Gema Victoria Caballero Jiménez y Sergio Valderrama Membrillo